

---

# The NIOSH-equation

Et verktøy for utregning av trygge og utrygge løfteoperasjoner

---

Kai Olsen,  
PT, MScTech in Erg.

---

# NIOSH-equation

## Fakta om LBP – low back pain

- 2/3 av befolkningen opplever LBP  $\geq 1$  i løpet av arbeidslivet
- 10-17% opplever LBP hvert år
- LPB utgjør 21% av sykdom og skade på arbeidsplassen
- 33% av arbeidsskadeerstatning pga LBP (i USA)
- 67% av LBP hendelser involverer løfting

---

# Årsaker til LBP

- Muskel- og leddbånddrivninger
- Degenerasjon av ryggraden
- Degenerasjon av mellomvirvelskiven med/uten nerverotsaffeksjon

---

# RYGGENS BIOMEKANIKK OG LØFTING

■ Kraft:

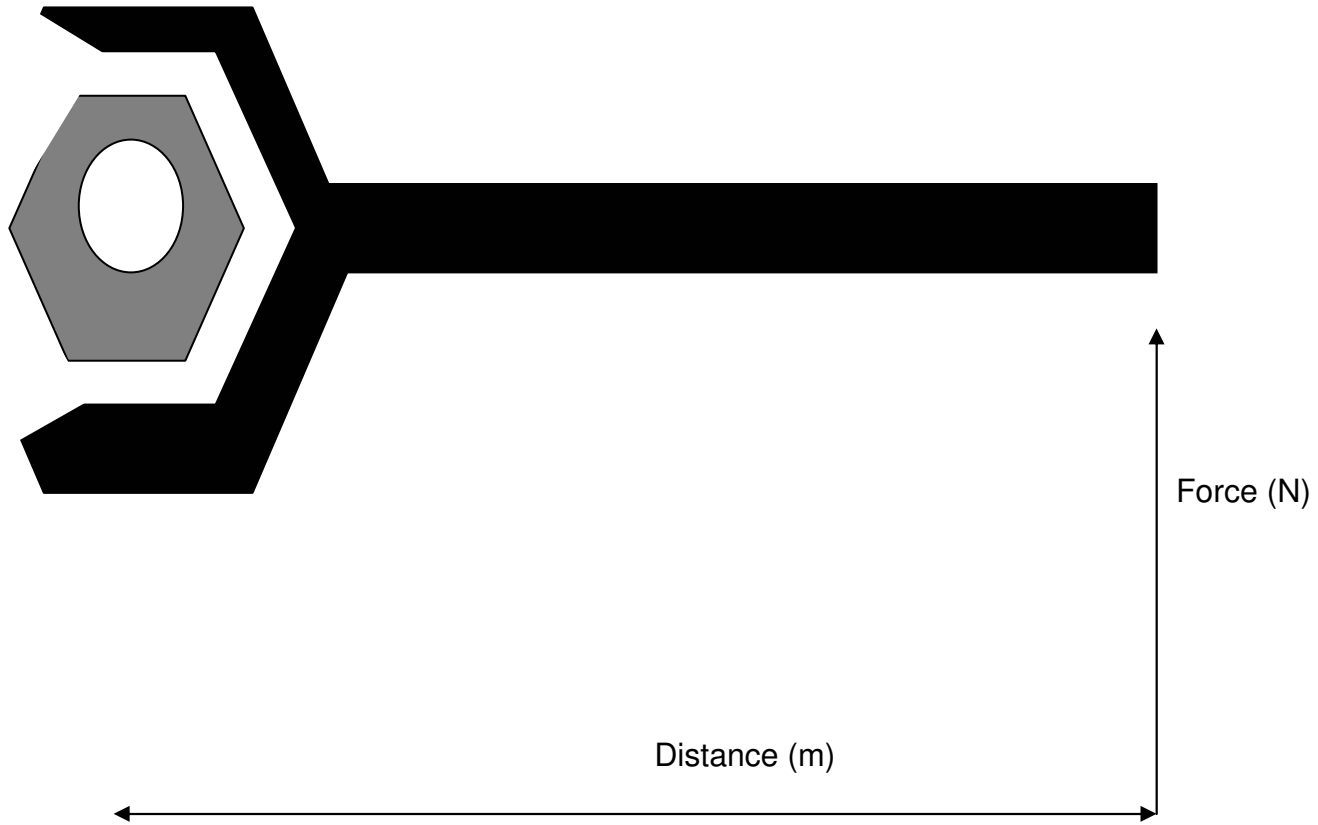
$$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

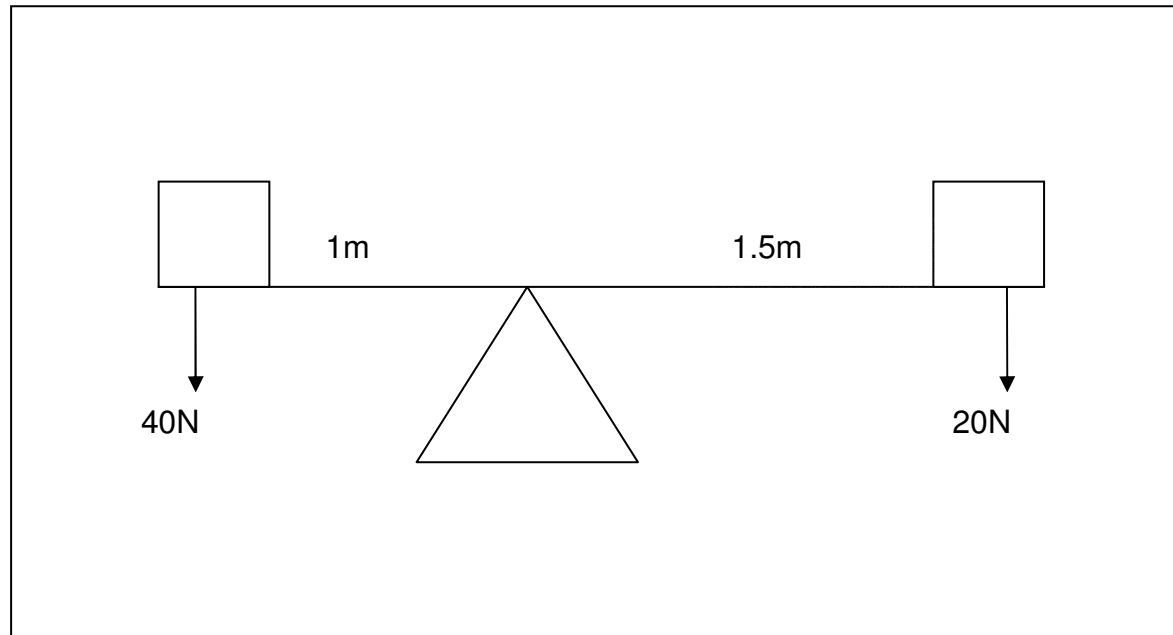
■ Arbeid

$$Nm$$

---

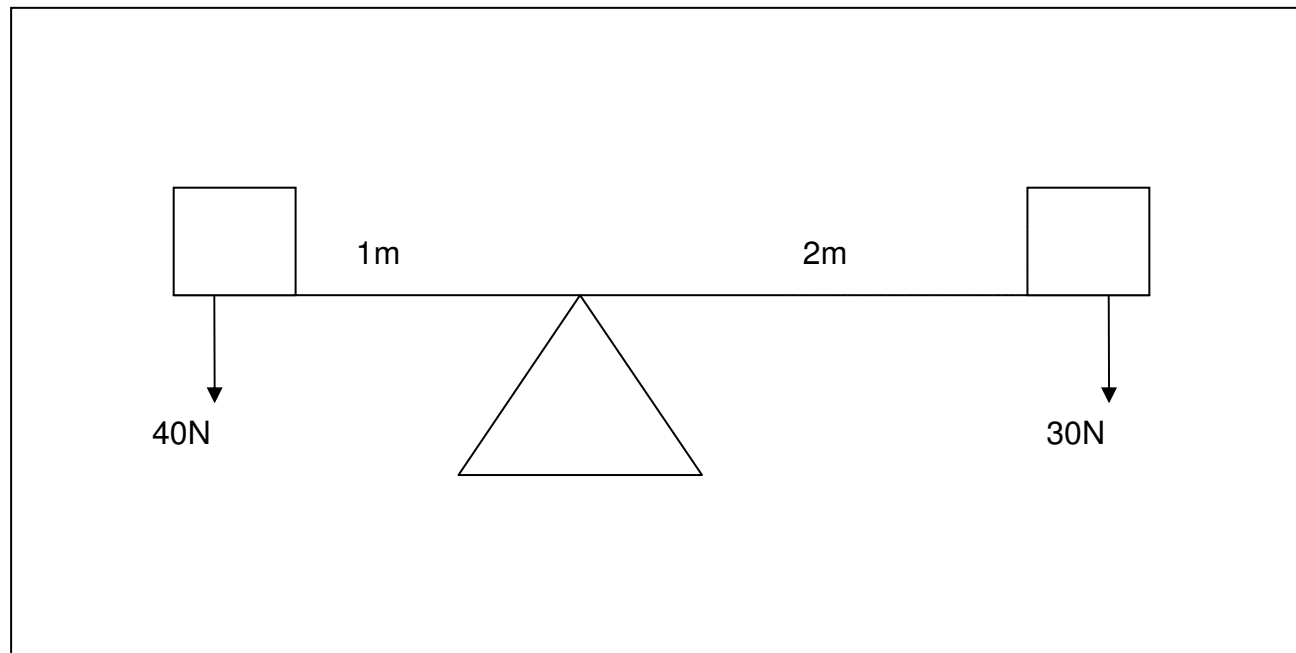
$$\begin{aligned} &\text{Moment} \\ &= \\ &\text{Kraft (N)} \\ &\times \\ &\text{Distanse (m)} \\ &= \\ &\text{Nm} \end{aligned}$$





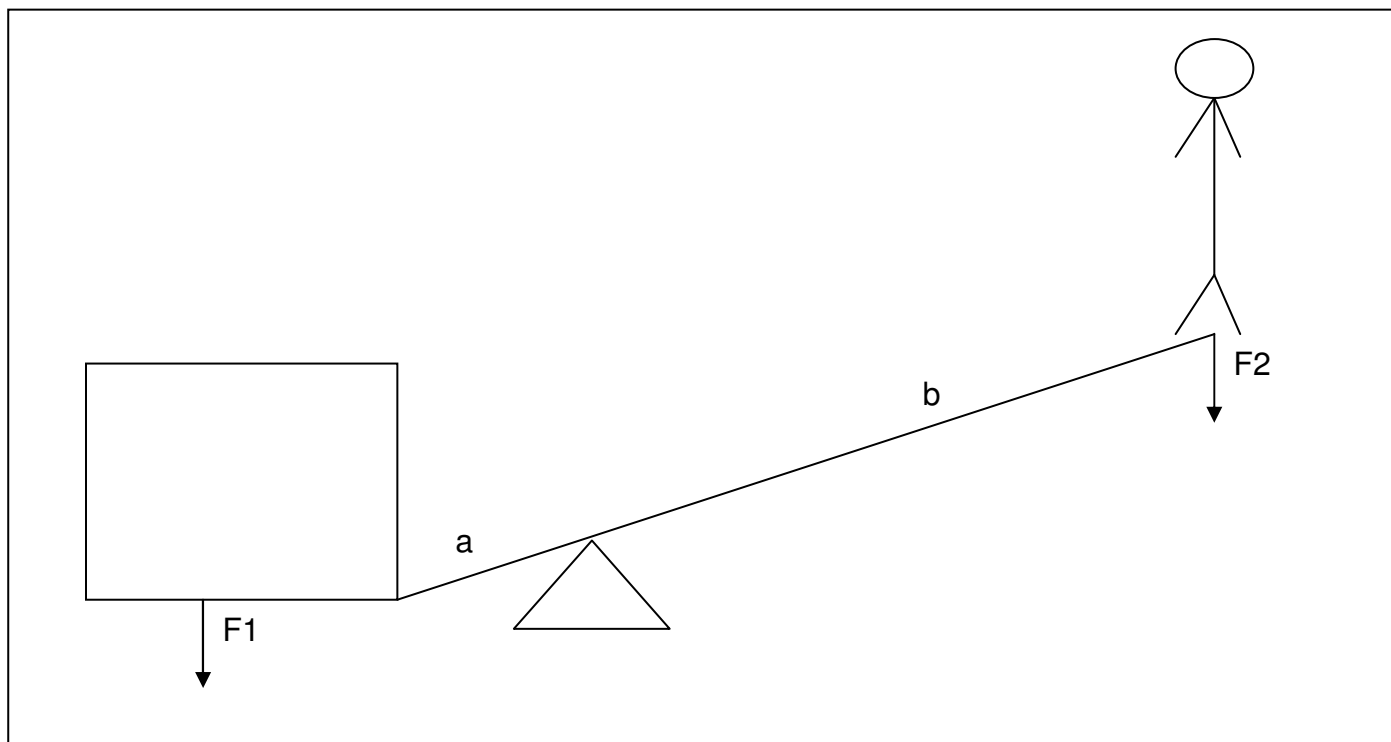
- Hvilken eske vil tippe ned?
- Svar:  $40\text{Nm}$  vs  $30\text{Nm}$

Venstre eske vil tippe ned



- Hvilken eske vil tippe ned?
- Svar:  $40\text{Nm}$  vs  $60\text{Nm}$   
Høyre boks vil tippe ned?





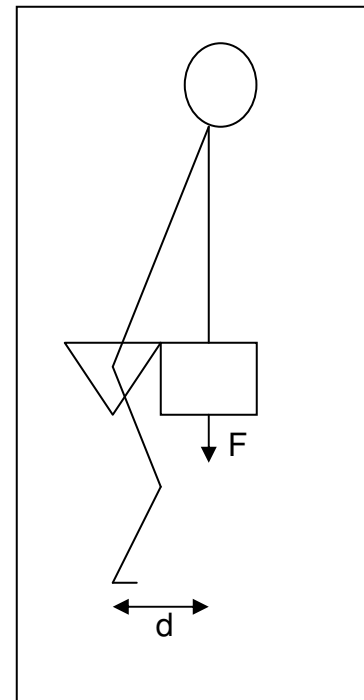
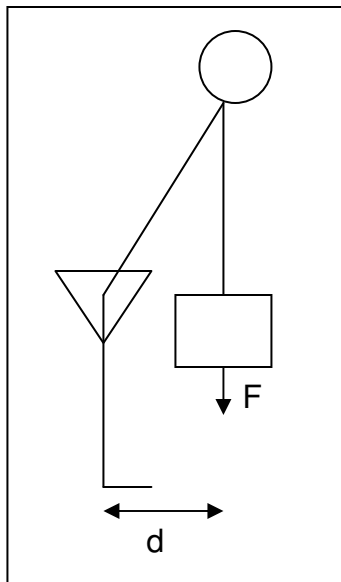
Balansepunkt:  $F1a = F2b$

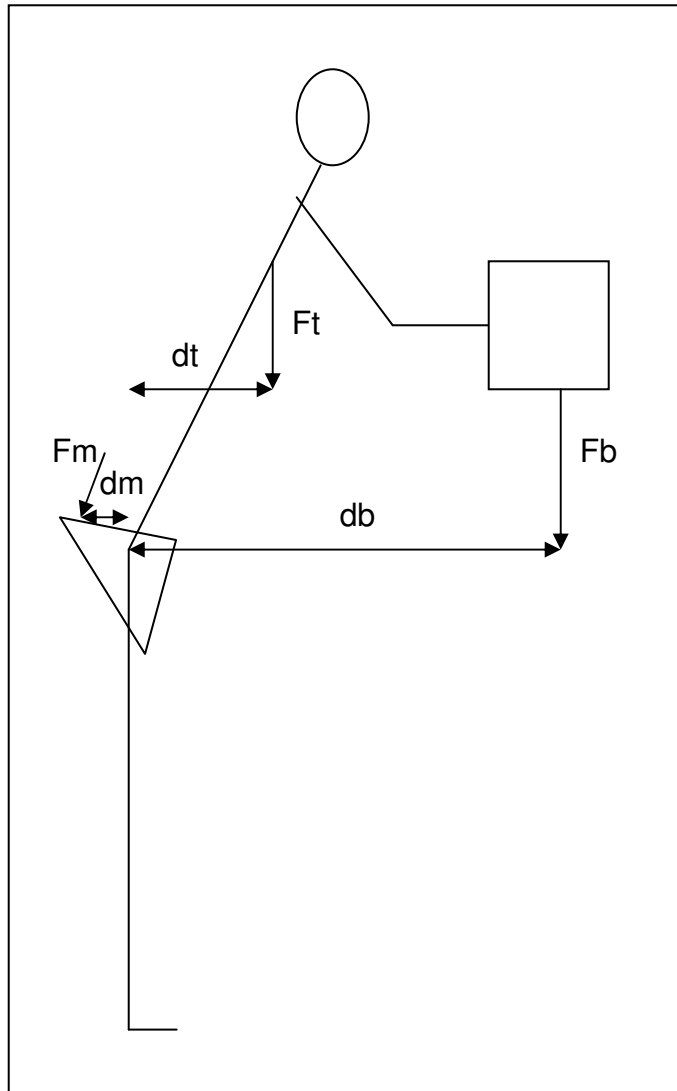
$F1 = 9810\text{N}$ ,  $a = 0.15\text{m}$ ,  $F2 = X$ ,  $b = 1.5\text{m}$

$1471.5\text{Nm} = X1.5\text{m}$

$X = 981\text{N}$       personen må veie  $100\text{kg}$

# Biomekanikk under løfting



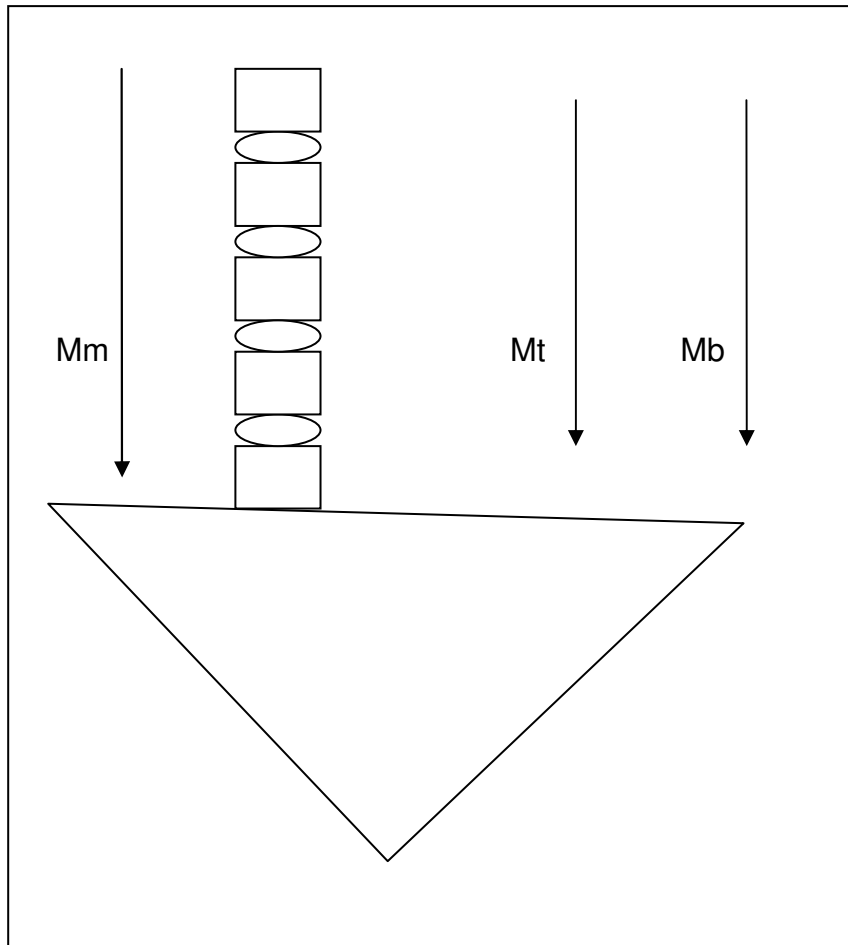


$$M_b = F_b \times d_b$$

$$M_t = F_t \times d_t$$

$$M_m = F_m \times d_m$$

$$M_m = M_t + M_b$$



- Trykket som utøves på mellomvirvelskivene er høyt fordi det er sammensatt av kraften ( $F$ ) til esken, overkroppen og ryggstrekkerne som kontraherer.
- Kontraksjonskraften til musklene er stor pga den korte avstanden fra musklene til rotasjonspunktet.

---

# NIOSH-equation

- Er en likning/formel som brukes for å regne ut 'safe weight limit' til en gjenstand i en løfteoperasjon
- Formelen har inkorporert biomekaniske, fysiologiske og psykofysiske kriterier

- 
- Biomekaniske kriterier: Favoriserer å løfte lette gjenstander ofte
  - Fysiologiske kriterier: Favoriserer å løfte tunge gjenstander sjelden pga energikravet
  - Psykofysiske kriterier: henspeiler på ens egen oppfatning av løftekapasitet

- 
- The NIOSH-equation imøtekommer en maksimum kompresjonsverdi på mellomvirvelskiven på 3.4 kN
  - Formelen imøtekommer 99% av menn og 75% av kvinner

---

## Formelen tar for seg følgende variabler:

- Reach; den horisontale avtastanden fra midtpunktet mellom anklene og hendene når man løfter. Benevnes HM – horizontal multiplier
- Vertical distance; avstanden mellom gulvet og hendene når man løfter. Benevnes VM – vertical multiplier
- The vertical travel distance of the object; den vertikale høydeforskjellen ifht gulv på objektet fra punkt A til B. Benevnes DM – distance multiplier
- Rotasjon. Benevnes AM – asymmetrical multiplier
- Løftefrekvens og –varighet. Benevnes FM – frequency multiplier
- The quality of coupling; type grep. Benevnes CM – coupling multiplier



---

## RWL – recommended weight limit

- RWL er selve kriteriet I NIOSH-equation
- RWL er 23 kg under optimale forhold:  
Løfting I sagittalplanet/ lifting nå og da/  
håndtak/ <25cm vertical flytting/ 75cm  
gjenstand fra gulvet/ reach distance <25cm  
fra ankler

---

# Formler

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \times FM$$

LI = Lifting index = load weight/RWL

Løfting er trygt når  $LI \leq 1$

LC – Load constant (23 kg)

HM – Horizontal multiplier

[ $HM=25/H$ ,  $25 \leq H \leq 63\text{cm}$ ]

---

---

VM – Vertical multiplier

$$[VM = (1 - 0.003 | V - 75 |), 0 \leq V \leq 175 \text{ cm}]$$

DM – distance multiplier

$$[DM = (0.82 + 4.5/D), 25 \leq D \leq 175 \text{ cm}]$$

AM – asymmetric multiplier

$$[AM = (1 - 0.0032A), 0 \leq A \leq 135^\circ]$$

# Coupling multiplier

Table 1: Coupling Multiplier

Coupling Type	Coupling Multiplier	
	V < 75cm	V >= 75cm
Good	1.00	1.00
Fair	0.95	1.00
Poor	0.90	0.90

Good:  $L \leq 40\text{cm}$ ,  $H \leq 30\text{ cm}$  og gode håndtak. H er objektets højde og L er længde. Gode håndtak har en diameter på 1.9-3.8cm, længde  $\geq 11.5\text{cm}$  og en afstand til objektet på  $\geq 5\text{cm}$ .  
Fair:  $L \geq 40\text{cm}$ ,  $H \leq 30\text{cm}$  and dårlige håndtak  
Poor:  $L > 40\text{cm}$ ,  $H > 30\text{cm}$  og/eller objektet er vanskelig å holde.

# Frequency multiplier

Table 2: Frequency Multiplier Table (FM)

Frequency Lifts/min (F):	Work Duration					
	<= 1 Hour		>1 but <=2 Hours		>2 but <=8 Hours	
	V<75	V>=75	V<75	V>=75	V<75	V>=75
<=0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
>15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

+ Values of V are in cm

: For lifting less frequently than once per 5 minutes, set  
F = 0.2 lifts/minute.

---

## Eksempel: Merking av rissekker.

Rissekk: 80cm X 30cm x 15 cm, 7.5 kg

3 sekker pr minutt kommer på bånd A

Lappene festes på, sekkene løftes over på bånd B som står vinkelrett på bånd A. Høyden på bånd A og B er henholdsvis 40 og 75 cm. Arbeidet gjøres i 8 timer.

- 
- $H = 40 \text{ cm}$  (25cm+15cm)
  - $V = 40 \text{ cm}$
  - $D = 35 \text{ cm}$
  - $A = 90^\circ$
  - $F = 3 \text{ lifts/min}$
  - $C = \text{poor coupling}$
  - $\text{Work duration} = 8\text{hrs}$
  - $HM = 25/40 = 0.625$
  - $VM = (1 - 0.003 \times 40) = 0.895$
  - $DM = 0.82 + (4.5/35) = 0.95$
  - $AM = 1 - (0.0032 \times 90) = 0.71$
  - $Fm = 0.55$
  - $CM = 0.9$
-

---

$$RWL=23\times 0.625\times 0.895\times 0.95\times 0.71\times 0.55\times 0.9=4.3$$

$$LI = 7.5/4.3 = 1.74$$

$LI > 1$ , ergo er løftingen ikke sikker å utføre



---

# Kritikk av NIOSH-equation

- Tar ikke høyde for forskjeller i kjønn eller antropometriske forskjeller.
- Tar ikke høyde for hvilken stilling løftet utføres i, f. eks bøyde/rette knær, kurvaturen på lumbaldelen av ryggen.
- Tar ikke med skift-arbeid/turnus som variabel
- Mer konservativ enn andre metoder
- NIOSH-eq er et godt verktøy for å vurdere konstant og gjentakende løfting men ikke for å forutse akutt skade i et enkelt løft.

---

Formelen gjelder ikke når:

- Løftet gjøres med en hånd
- Løfting gjøres utover 8 timer
- Løfting gjøres sittende eller på kne
- Løfting med høy hastighet
- Løfting av ustabile objekter
- Løfting gjøres på glatt underlag

---

# Nytten av NIOSH-equation

- Lett å bruke
- Krever lite ressurser
- Gir ergonomen/designeren/ingeniøren en objektiv verdi på sikkerhetsnivået av en løfteoppgave. Da slipper man å synse, som ofte er
- En stor epidemiologisk studie viste at NIOSH-eq er relativt nøyaktig i å identifisere arbeidsoppgaver som utgjør en risiko for å utvikle LBP.

---

# Andre verktøy for å forutse LBP pga løft

Software:

- 3DSSPP – 3-Dimensional Static Strength Prediction Program, University of Michigan

■ Web:

<http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/C4E/>

<http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP/index.html>

<http://gimle.fsm.it/27/1/06.pdf>

- VIDAR – Video- och datorbaserad arbetsanalys

---

# Relevant web-sites

- NIOSH application manual: <http://humanics-es.com/nioshliftingequationocr.pdf>
- <http://wonder.cdc.gov/wonder/prevguid/p0000427/p0000427.asp>
- [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_vii/lifting\\_analysis\\_worksheet.pdf](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_vii/lifting_analysis_worksheet.pdf)
- [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_vii/otm\\_vii\\_1.html#app\\_vii:1\\_2](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_vii/otm_vii_1.html#app_vii:1_2)

## REFERENCES

- **Chaffin, D.B., Anderson, G. and Martin, B.J.** (1999) *Clinical Biomechanics*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- **Chaffin, D.B. and Page, G.B.** (1994) Postural effects on biomechanical and psychophysical weight-lifting limits. *Ergonomics* 37 (4), pg. 663.
- **Cross, J.** (2004) *Safety Risk Management*. Lecture notes. University of New South Wales, Sydney.
- **Grandjean, E and Kroemer, K.H.E** (1997) *Fitting the task to the Human* 5th ed. A Textbook of Occupational Ergonomics. Taylor & Francis Ltd, London.
- **Hidalgo, J. et al** (1995) A cross-validation of the NIOSH limits for manual lifting. *Ergonomics* 38 (12), pg. 2455.
- **Lavender, S.A. et al** (1999) Comparison of Five Methods Used to Determine Low Back Disorder Risk in a Manufacturing Environment. *Spine* 24 (14), pg.1441.
- **Lee, K.S., Park, H.S. and Chun, Y.H.** (1996) The validity of the revised NIOSH weight limit in Korean young male population: A psychophysical approach. *International Journal of Industrial Ergonomics* 18, pg. 181.
- **Lindh, M.** (1989) *Biomechanics of the Lumbar Spine*. In *Biomechanics of the Musculoskeletal System*. Ed. Nordin, M. and Frankel, V.H. Lea & Febiger, Philadelphia.
- **Mirka, G.A. et al** (2000) Continuous Assessment of Back Stress (CABS): A New Method to Quantify Low-Back Stress in Jobs with Variable Biomechanical Demands. *Human Factors* 42 (2), pg. 209.
- **Ombrect, L. et al** (1995) *A System of Orthopaedic Medicine*. WB Saunders Company Ltd., London.
- **Potvin, J.R.** (1997) Use of NIOSH equation inputs to calculate lumbosacral compression forces. *Ergonomics* 40 (7), pg. 691.
- **Sanders, M.S. and McCormick, E.J.** (1992) *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw-Hill Inc. New York.
- **Waters, T.R., Putz-Anderson, V. and Garg, A.** (1994) *Application Manual for the revised NIOSH Lifting Equation*. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.
- **Waters, T.R. et al.** (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 36 (7), pg. 749.
- **White III, A.A. and Panjabi, M.M.** (1990) *Clinical Biomechanics of the Spine*. J.B. Lippincott Company, Philadelphia.
- **Wu, S.-P.** (2003) Maximum acceptable weights for asymmetric lifting of Chinese females. *Applied Ergonomics* 34, pg. 215.

---

■ E-post:

[kai.olsen@sby.oslo.kommune.no](mailto:kai.olsen@sby.oslo.kommune.no)

■ Takk

